

# Le sous-solage en plantation de palmier à huile.

## Présentation d'un outil adapté et des conditions de réalisation

### INTRODUCTION

L'utilisation d'engins lourds en cultures intensives, se traduit souvent par la formation au niveau du sol d'horizons tassés, préjudiciables au bon développement des cultures.

En plantations industrielles de palmiers à huile, ce type de dégradation peut être observé lorsque les préparations des terrains ont été réalisées brutalement et sans précautions, bien souvent sur des sols humides (Turner et Gillbanks, 1974) :

- sur précédent forestier : par des engins lourds lors de l'abattage et l'andainage de la forêt ;
- sur précédent de savane : par de multiples passages de pulvérisateurs à disques pour éliminer les adventices.

Certaines techniques d'exploitation mécanique de la palmeraie peuvent également être néfastes.

Ainsi, des phénomènes de tassements ont pu être mesurés dans plusieurs situations de la zone élaéicole installée sur les sols ferrallitiques à texture légère ou moyenne (Dufour et Olivin, 1985 ; Caliman *et al.*, 1987 ; Faivre, 1987 ; Quencez, 1988a, 1988b).

Les conséquences de ce phénomène et les techniques de correction ont été étudiées sur la plantation expérimentale R. Michaux (IRHO) située dans la région de Dabou, en Côte-d'Ivoire (Caliman, 1990). Les observations effectuées font apparaître un plafonnement du système racinaire des palmiers, lié à la présence à faible profondeur dans le sol, d'un horizon tassé. De ce fait la réserve hydrique utile pour la plante paraît amoindrie, accentuant ainsi l'effet des déficits hydriques. Le potentiel de production des palmiers en est largement affecté.

Pour tenter de corriger le phénomène, il est nécessaire d'ouvrir la structure du sol, c'est-à-dire de fracturer les couches résistantes et de créer des agrégats avant la mise en place des palmiers, afin de favoriser leur enracinement. Cependant, dans les sols à texture légère, il convient de ne pas recourir à des actions mécaniques brutales faisant appel à des phénomènes de vibrations. Il est préférable d'effectuer des travaux avec des dents fixes, de type sous-solage.

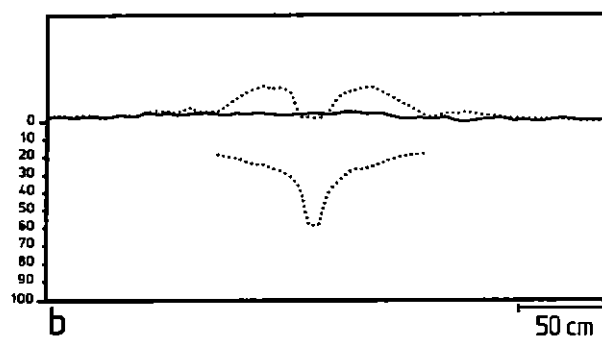
Les essais de sous-solage avant replantation mis en place à Dabou ont permis d'améliorer la croissance des jeunes palmiers et les premiers résultats de production sont intéres-

sants (Caliman, 1990 ; Caliman *et al.*, 1990) : + 11 % sur le rendement lors de la première campagne,  $\pm 25$  % lors de la deuxième campagne (en sol sablo-argileux).

L'objet du présent « Conseil » est de décrire le matériel de sous-solage mis au point, et de préciser les conditions d'utilisation de cet outil.

### I. — LE MATÉRIEL DE SOUS-SOLAGE

L'utilisation d'une dent de ripper droite classique ne permet pas d'obtenir un éclatement du sol satisfaisant : la section de la zone perturbée a alors une forme en entonnoir avec une partie supérieure en V, et une partie inférieure simplement moulée par le passage de la dent (Fig. 1). La profondeur efficace de la dent est alors faible.



b : Profondeur (cm) (Depth - cm) (Profundidad - cm)

FIG. 1. — Résultat de sous-solage. Dent droite — (Results of subsoiling : straight tine — Resultados de la labor de subsuelo : diente recto).  
 Surface initiale — (Initial area — Área inicial)  
 Faissonnement - profondeur sous-solée — (Expansion - depth subsoiled — Crecimiento en volumen - profundidad de la labor de subsuelo).

Afin d'augmenter le volume bouleversé, il est indispensable d'ajouter des ailettes à la base de la dent (Spoon, 1976, 1978 ; Coquille, 1984). Il est également nécessaire d'aménager l'outil afin qu'il soit adapté aux conditions de culture du palmier à huile et en particulier à son utilisation lors des

replantations. Dans ce cas en effet, la présence d'un système racinaire très dense de l'ancienne génération de palmiers, crée un obstacle à l'avancement de la sous-soleuse (bourrage au passage des dents).

Le matériel mis au point conjointement par l'IRHO et Société Manutention Africaine (1) présente les caractéristiques suivantes (Fig. 2 et 3) :

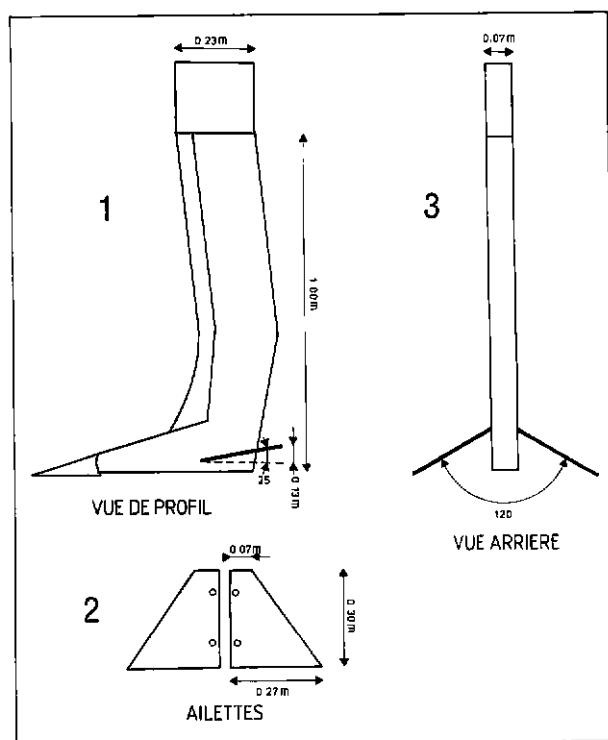


FIG. 3. — Schéma descriptif de la dent et des ailettes de la sous-soleuse — (Diagram of the subsoiler tine and blade — Esquema de descripción del diente y de las aletas del subsolador)

1. Vue de profil — (Side View — Vista de perfil).
2. Ailettes — (Blades — Aletas)
3. Vue arrière — (Rear view — Vista trasera).

— longueur des dents : 1,10 m sous châssis ;

— ailettes :

- envergure = 0,60m
- angle de pénétration = 25°
- angle entre les ailettes = 70°
- hauteur de soulèvement = 0,13 m
- épaisseur = 16 mm
- position = 0,38 m de retrait par

rapport à la pointe du soc.

Ces ailettes sont fixées par deux écrous sur un support solidaire du corps sous-soleur. Elles peuvent ainsi être rapidement remplacées. Leur envergure peut être adaptée à la puissance de traction disponible ;

— couteur circulaire : diamètre = 1 m.

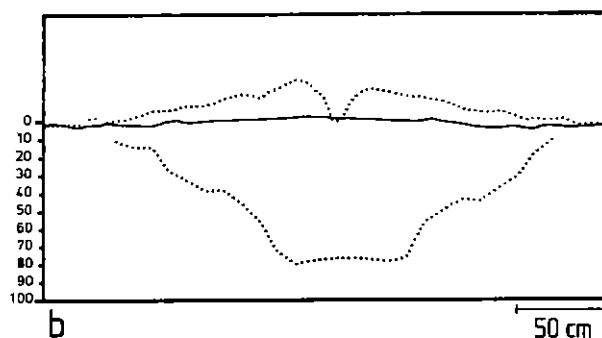
Ce couteur permet de trancher les racines de l'ancienne palmeraie, sur une profondeur de 0,30 m environ ;

— une lame tranchante soudée au niveau de la courbure inférieure de la dent permet de couper les racines profondes ;  
— une forme légèrement courbe de l'étauçon permet de réduire la puissance de traction nécessaire ;

— dans la même optique, le profil d'attaque de la dent doit permettre une bonne pénétrabilité de l'outil.

La fixation de l'appareil sur parallélogramme derrière un bulldozer permet de conserver un même angle de pénétration des dents quelle que soit la profondeur de travail.

Dans ces conditions le volume de sol ameubli (Fig. 4) est bien amélioré par rapport à une dent droite, et l'augmentation de porosité (cf. foisonnement spécifique) est de l'ordre de 20 %, en sol sablo-argileux (Tabl. I).



b: Profondeur (cm) (Depth - cm) (Profundidad - cm)

FIG. 4. — Résultat du sous-solage - Dent à ailettes — (Results of subsoiling - Bladed tine — Resultado de la labor de subsuelo - diente de aletas).

— Surface initiale — (Initial area — Área inicial).  
— Foisonnement - profondeur sous-solée — (Expansion - depth subsoiled — Crecimiento en volumen, profundidad de la labor de subsuelo).

TABLEAU I. — Effet du sous-solage en sol sablo-argileux (Dabou Côte-d'Ivoire) — (Effect of subsoiling on loamy sand soils Dabou Côte-d'Ivoire — Efecto de la labor de subsuelo en un suelo franco arenoso Dabou, Côte-d'Ivoire)

Vitesse d'avancement (Forward speed — Velocidad de trabajo)	2,05 (km/h)
Profondeur de travail (Work depth — Profundidad de trabajo)	0,83 (m)
Largeur de travail (Working width — Anchura de trabajo)	2,20 (m)
Volume sous-solé - S - (Subsoiled volume - S - Volumen subsolado (S))	1,12 (m³)
Volume foisonné - F - (Expanded volume - E - Crecimiento en volumen (F))	0,22 (m³)
Foisonnement spécifique = F/S (Specific expansion = S/E — Crecimiento en volumen específico F/S)	20 (%)
Humidité du sol (Soil moisture — Humedad del suelo)	9.1 (% PS)-(DW)
Nombre de mesures (Number of measurements — Número de mediciones)	13

## II. — LES CONDITIONS DE SOUS-SOLAGE

La réussite d'une intervention par sous-solage, et de manière générale de nombreux travaux du sol, réside tant au

(1) Société représentant la marque Caterpillar à Abidjan (Côte-d'Ivoire)

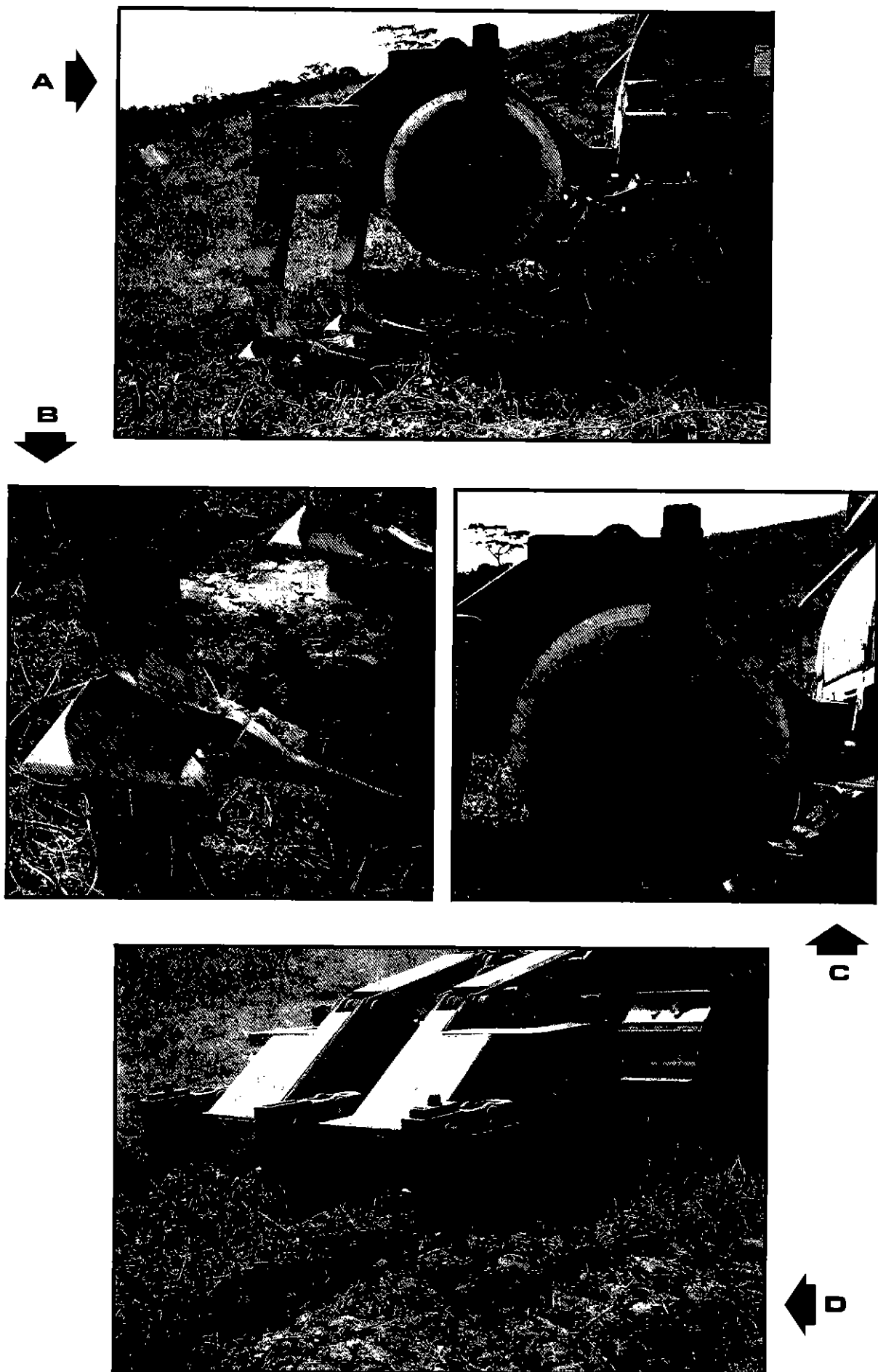


FIG. 2. — A — (*The subsoiling tool* — Presentación del implemento subsuelo)  
 B — (*Close-up of blades* — Detalle de aletas).  
 C — (*Circular coulter* — Cuchilla de disco)  
 D — (*Subsoiling* — Labor de subsuelo).

niveau de l'adaptation technique de l'outil, que des conditions de réalisation de l'opération. Ces dernières ont trait aux conditions de sol (type de sol, humidité) et aux conditions d'utilisation de l'outil (vitesse d'avancement, profondeur de travail...).

### — Les conditions de sol.

Les nombreux essais effectués sur la plantation R. Michaux montrent que le sous-solage réalisé en sol à texture sableuse à très sableuse (1) conduit à une structure particulière qui n'est pas favorable au bon développement du palmier à huile.

En revanche, de bons résultats ont été obtenus en sol sablo-argileux (1).

L'humidité du sol au moment du sous-solage est un des paramètres les plus importants à prendre en considération.

On sait que généralement, une meilleure fracturation du sol est obtenue en sol sec. Cependant en sol sablo-argileux, le sous-solage réalisé en dessous d'une humidité pondérale de 8 à 9 % conduit à une division trop fine, de type particulière.

En conditions trop humides, le sol se comporte comme un matériau plus ou moins plastique et le degré de fissuration est limité, d'où une faible augmentation de la porosité (Fig. 5).

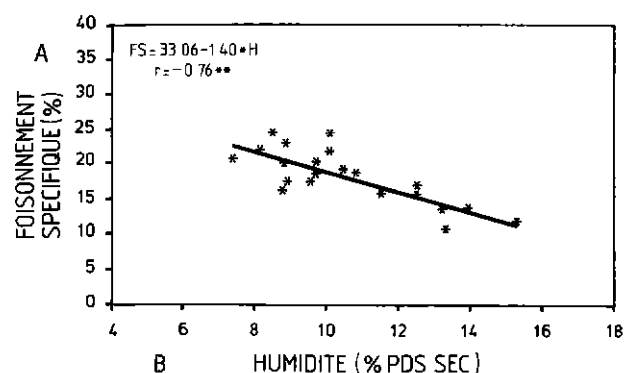


FIG. 5 — Influence de l'humidité sur le foisonnement spécifique. Correction = profondeur standard 0,80 m — (Effect of soil moisture on specific expansion. Correction = standard depth 0,80 m) — Influencia de la humedad del suelo en el crecimiento en volumen específico Corrección Profundidad standard 0,80 m).

A. Foisonnement spécifique — (Specific expansion — Crecimiento en volumen específico).

B. Humidité (% PDS sec) — (Moisture [% Dr; Wt] — Humedad, % Peso seco).

En définitive, il existe une gamme d'humidité où le sous-solage est réalisable. En sol sablo-argileux, cette gamme se situe entre 8/9 et 11/12 % d'humidité pondérale. En Côte-d'Ivoire par exemple, cette période correspond aux inter-saisons (décembre, mars, avril).

### — Les conditions d'utilisation de l'outil.

● La profondeur de travail dépend en premier lieu de la localisation de l'horizon tassé. Il faut chercher à assurer une continuité physique entre les couches superficielles et les horizons profonds.

(1) Suivant l'utilisation du triangle de texture GEPPA, sont notés :  
— sols à texture sableuse à très sableuse, les sols dont le taux d'argile est inférieur à 12,5 % et le taux de limons inférieur à 25 % ;  
— sols à texture sablo-argileuse, les sols dont la teneur en argile est comprise entre 12,5 % et 22,5 % le taux de limons inférieur à 25 %.

Toutefois dans les sols à structure massive tels que les sables tertiaires de Côte-d'Ivoire, le sous-solage réalisé plus profondément (0,70-0,80 m) a donné de bons résultats.

● L'utilisation d'un tracteur à chenilles, qui permet par ailleurs de disposer de puissances de traction importantes (200 à 300 cv), se traduit par des vitesses de travail limitées. Dans la gamme de vitesse disponible (1,5 à 3,1 km/h (2)) il n'a pas été observé d'effet de ce paramètre sur les résultats au niveau du sol.

### — La préparation des terrains par sous-solage.

L'appareil de sous-solage mis au point peut être équipé de deux dents à ailettes (écartées de 2 m), avec coutres circulaires. La puissance de traction nécessaire est de 250 cv environ.

Dans ces conditions, les résultats obtenus au niveau du sol après le passage de la sous-soleuse font apparaître une zone non éclatée, située entre les dents (Fig. 6). Il est donc nécessaire d'effectuer un deuxième passage décalé de 1 m afin de travailler l'ensemble du sol sur une profondeur suffisante (Fig. 7).

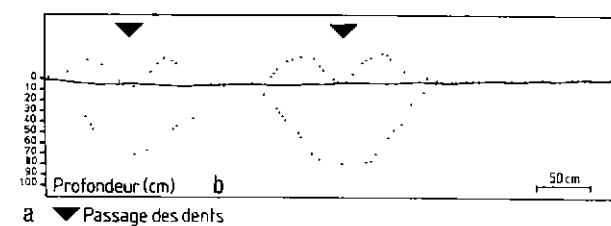


FIG. 6 — Limites des zones perturbées après le premier passage à 2 dents — (Limits of disturbed zone after one round with 2 tines — Límites de las áreas perturbadas después de un primer paso con 2 dientes).

a. Passage des dents — (Direction of tines movement — Paso de los dientes).

b. Profondeur (cm) — (Depth — Profundidad).

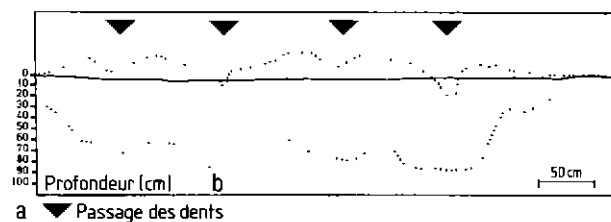


FIG. 7 — Limites des zones perturbées après le deuxième passage décalé — (Limits of disturbed zone after 2 rounds with subsoiler laterally displaced — Límites de las áreas perturbadas después de un segundo paso con desfase).

a. Passage des dents — (Direction of tines movement — Paso de los dientes).

b. Profondeur (cm) — (Depth — Profundidad).

Lorsque le sous-solage sera réalisé sur toute la surface (terrain entièrement dégagé), il faudra compter 4 heures de travail à l'hectare. Lorsque les conditions de plantations prévoient un andainage des débris végétaux de la végétation précédente, le temps de travail sera réduit. A titre d'exemple, lors des replantations sur la plantation R. Michaux, la présence d'andains tous les interlignes permet de sous-soler une bande de 4 mètres sur la ligne de plantation, nécessitant 2 heures de travail à l'hectare.

L'application de cette technique de préparation des terrains doit être accompagnée de modifications de certaines

(2) Utilisation d'un D7-200CV sur la plantation expérimentale R. Michaux.

pratiques culturales. Ainsi, la topographie des parcelles doit être prise en compte pour la réalisation de l'ensemble des travaux, afin d'éviter les risques d'érosion. Le sous-solage doit être réalisé perpendiculairement au sens de la pente. Les plantations en courbes de niveau répondent de façon optimale à ces préoccupations. Cependant, sur les pentes relativement faibles (3 à 5 %), où les plantations sont souvent prévues en lignes droites, on peut être amené à réaliser un sous-solage en diagonale.

## CONCLUSIONS

L'utilisation de la technique du sous-solage, lorsque les propriétés physiques du sol sont défavorables au bon déve-

loppement du système racinaire de la plante, doit être effectuée dans des conditions très précises, sous peine de conduire à un échec.

Il faut :

- sous-soler perpendiculairement à la pente ;
- éviter les sols à texture sableuse à très sableuse ;
- éviter de sous-soler en conditions trop humides.

Il est également impératif d'éviter de passer avec des engins une fois le sous-solage réalisé.

J. P. CALIMAN, J. CONCARET, M. AUBRY

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] CALIMAN J. P., OLIVIN J., DUFOUR O. (1987). — Dégénération des sols ferrallitiques sableux en culture de palmiers à huile par acidification et compaction *Oléagineux*, **42**, (11), 393-401
- [2] CALIMAN J. P. (1990). — Dégénération de propriétés physiques conditionnant la fertilité des sols sous culture du palmier à huile en Côte-d'Ivoire. Essai de correction Thèse de Doctorat ès-Sciences. Université de Bourgogne, 225 p.
- [3] CALIMAN J. P., CONCARET J., OLIVIN J., DUFOUR F. (1990). — Maintien de la fertilité physique des sols en milieu tropical humide sous culture du palmier à huile *Oléagineux*, **45**, (3), 103-110
- [4] COQUILLE J. C. (1984). — Etude sur les caractéristiques des ailettes des outils de sous-solage. Communication personnelle, 2 p.
- [5] COQUILLE J. C., CHOPINET B. (1984). — Contribution à la modélisation des outils de travail du sous-solage. In : Fonctionnement hydrique et comportement des sols. C. R. Colloque AFES, 345-358.
- [6] DUFOUR O., OLIVIN J. (1985). — Evolution des sols de plantation de palmiers à huile sur savane. *Oléagineux*, **40**, (3), 113-120.
- [7] FAIVRE Y. (1987). — Synthèse sur les premières études de l'évolution des sols sous palmeraie à la Dibamba (Cameroun). IRHO. Rapport Interne, 17 p.
- [8] QUENCEZ P. (1988a). — Evolution et structure des sols en palmeraie : Identification des problèmes au Cameroun IRHO. Rapport interne, 26 p.
- [9] QUENCEZ P. (1988b). — Evolution et structure des sols en palmeraie. Identification des problèmes au Bénin. IRHO. Rapport interne. 19 p.
- [10] SPOOR G. (1976). — Effective subsoiling. *British Sugar Beet Review*, **44**, (2), 28-29.
- [11] SPOOR G., GODWIN R. J. (1978). — An experimental investigation into the deep loosening of soil by rigid tines. *J. Agric. Engng Res.*, **23**, 243-258.
- [12] TURNER P. D., GILLBANKS R. A. (1974). — Oil palm cultivation and management. The Incorporated Society of Planters, 672 p.

# Subsoiling in oil palm plantations. Description of an adapted tool and conditions for its use

## INTRODUCTION

Using heavy machinery in intensive crops often leads to compacted horizons in the soil that hinder proper crop development.

This type of degradation can be seen in commercial oil palm plantations when land preparation has been undertaken without due care and attention, often on damp soils (Turner and Gillbanks, 1974).

— on soil previously covered by forest : using heavy machinery when felling and windrowing the forest ;

— on soil previously covered by savannah : passing many times with disc harrows to eliminate weeds.

Certain mechanical exploitation techniques in oil palm plantations can also be detrimental.

Compaction phenomena have been observed in several areas of the oil palm growing zone on light or medium textured ferrallitic soils (Dufour and Olivin, 1985 ; Caliman et al., 1987 ; Faivre, 1987 ; Quencez, 1988a, 1988b).

The consequences of this phenomenon and corrective techniques have been studied at the R. Michaux Experimental Plantation (IRHO) located in the Dabou region of Côte-d'Ivoire (Caliman, 1990). The observations made reveal that the oil palm root system flattens out not far below the surface of the soil due to the existence of a compacted horizon. The available water reserve for the plant would therefore seem to be reduced, exacerbating the effects of water deficits. Oil palm production potential is seriously affected.

To try and correct this phenomenon, it is necessary to open up the soil structure — i.e. break up the resistant layers and create aggregates — before oil palms are planted, so as to encourage rooting.

Nonetheless, brutal mechanical operations involving vibrations should not be used on light textured soils. It is preferable to use fixed tine equipment, as with subsoiling.

The trials set up at Dabou testing subsoiling before replanting have led to improved growth in young oil palms and the first production results are interesting (Caliman, 1990 ; Caliman et al., 1990) : yields up + 11 % in the first campaign and + 25 % in the second campaign (loamy sand soil).

This Advice Note sets out to describe the subsoiling equipment developed and specify the conditions for its use.

## I. — SUBSOILING EQUIPMENT

Using a conventional straight ripper tine does not break up the soil satisfactorily ; the cross-section of the disturbed zone takes on a funnel shape with the upper part in the form of a V and the lower part simply moulded by the tine (Fig. 1). The effective depth of the tine is therefore low.

In order to increase the volume dislodged, blades have to be added to the bottom of the tine (Spoor, 1976, 1978 ; Coquille, 1984). It is also necessary to adapt the tool to oil palm growing conditions, particularly for use during replanting where the very dense root system from the former generation of oil palms hinders the subsoiler as it moves forward (clogging up between the tines).

The equipment developed jointly by IRHO and Société Manutention Africaine (1) has the following characteristics (Fig. 2 and 3) :

(1) Company representing Caterpillar in Abidjan (Côte-d'Ivoire).



- tine length : 1.10 m under frame
- blades
  - span = 0.60 m
  - penetration angle = 25°
  - angle between blades = 70°
  - raising height = 0.13 mm
  - thickness = 16 mm
  - position = 0.38 mm back compared to the point of the share.

These blades are attached by two nuts to a support integral with the subsoiler body. They can thus be rapidly replaced. Their span can be adapted to suit available traction power ;

- circular coulter : diameter = 1 m.

This coulter cuts through the roots of the former oil palm plantation, to a depth of approximately 0.30 m,

- a sharp cutting blade welded onto the lower curve of the tine cuts roots deep down ;
- the slightly curved shape of the disc support reduces the traction power required ;
- to the same end, the tine's cutting profile should enable good tool penetration.

Fixing the equipment onto a parallelogram frame behind a bulldozer means that the tines retain the same penetration angle whatever the working depth.

Under these conditions, the volume of mellowed soil (Fig. 4) is substantially improved compared to that of a straight tine, and porosity improvement (see Specific Expansion) is around 20 % in loamy sand soils (Table I).

## II. — SUBSOILING CONDITIONS

The success of a subsoiling operation and, generally speaking any soil tilling operation, depends on the extent to which the tool is technically adapted and the conditions under which work is undertaken, i.e. the soil (type, moisture content) and the tool's operating conditions (forward speed, work depth, etc.).

### — Soil conditions

Numerous trials conducted at the R. Michaux plantation show that subsoiling carried out on soils of a sandy to very sandy texture leads to a particulate structure that is not favourable to oil palm development. However, good results have been obtained on loamy sand soil (1).

Soil moisture at the time of subsoiling is one of the most important parameters to be taken into account.

It is known that soil is generally easier to break up when dry. However, if subsoiling is carried out on loamy sand soils with a ponderal moisture content of under 8 to 9 %, the soil is broken up too finely, giving a particulate type texture.

(1) The following are noted using a GEPPA texture triangle :  
 — soils of a sandy to very sandy texture, where the clay content is under 12.5 % and the loam content under 25 % ;  
 — loamy sand soils, where the clay content is between 12.5 % and 22.5 % and the loam content under 25 %

If conditions are too moist, the soil more or less reacts like a plastic material and the degree of break-up is limited, hence a low increase in porosity (Fig. 5).

All in all, there is a wide range of moisture contents under which subsoiling is possible. In loamy sand soils, this range varies from 8/9 to 11/12 % ponderal humidity. In Côte-d'Ivoire, for example, this situation occurs between the seasons (december, march, april).

### — Tool operating conditions

— Work depth primarily depends on the location of the compacted horizon. It is necessary to ensure physical continuity between the superficial and deeper horizons

Nonetheless, in soils with a mass structure, such as the tertiary sands in Côte-d'Ivoire, subsoiling carried out deeper down (0.70-0.80 m) has given good results.

— Using a tractor with caterpillar tracks ensures good traction power (200 to 300 hp), but operating speeds are limited. Within the possible range of operating speeds — 1.5 to 3.1 km/hr (2) — this parameter was not seen to have any effect on subsoiling results.

### — Land preparation by subsoiling

The subsoiler developed can be equipped with two tines fitted with blades (2 m apart) and circular coulters. The traction power required is approximately 250 hp

Under these conditions, the results obtained after the subsoiler has passed reveal a zone between the tines that is not broken up (Fig. 6). It is therefore necessary to pass again with the subsoiler 1 m to the side, so as to work all the soil down to a sufficient depth (Fig. 7).

When the entire area is to be subsoiled (completely cleared land), it takes 4 hours to complete a hectare. When the planting conditions include a windrow of plant debris from the previous vegetation, work time is reduced. For example, during replanting at the R. Michaux plantation, the existence of windrows every interrow meant that subsoiling could be carried out along a 4-m wide strip along the planting row, taking 2 hours per hectare.

When applying this land preparation technique, certain cropping practices need to be modified. Plot topography has to be taken into account for all the work involved, so as to prevent the risk of erosion. Subsoiling should be carried out perpendicular to the slope. Planting along contour lines is the optimum solution. However, on relatively gentle slopes (3 to 5 %), where the trees are often planted in straight lines, subsoiling may need to be carried out diagonally.

## CONCLUSIONS

Subsoiling, when the physical properties of the soil are unsuited to good root system development, should be undertaken under very precise conditions, otherwise it is doomed to failure.

### Always

- subsoil perpendicular to slopes ;
- avoid sandy to very sandy textured soils ;
- avoid subsoiling in wet conditions.

It is also essential not to use heavy machinery after subsoiling.

J.-P. CALIMAN, J. CONCARET, M. AUBRY

(2) A D7-200HP is used at the R. Michaux experimental plantation.